

Beschreibung

Trägerplattform für elektrische Bauelemente und Modul mit der Trägerplattform

Es wird eine Trägerplattform angegeben sowie ein elektrisches Modul mit der Trägerplattform und elektronischen Bauelementen, insbesondere ein als eine Netz-Kompensationsvorrichtung ausgebildetes Modul.

Eine Trägerplattform ist bekannt aus EP 0 387 845.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, eine für hohe Ströme geeignete Trägerplattform anzugeben.

Einer Trägerplattform liegt die Idee zugrunde, eine stabile und leistungsfähige, zur Montage von elektrischen Bauelementen, insbesondere von Bauelementen der Leistungselektronik und Energieverteilung, die zusammen eine Funktionseinheit bilden, geeignete Trägerplattform aus einem elektrisch isolierendem Werkstoff zur Verfügung zu stellen, in welche für hohe Ströme einsetzbare Stromleitungen integrierbar sind. Als Werkstoff der Trägerplattform kann ein Faserverbundwerkstoff gewählt werden, der einen Anteil von Armierungsglasfasern enthält. Die Trägerplattform aus einem Faserverbundwerkstoff kann in einem kostengünstigen Pressverfahren hergestellt werden.

Als Armierungsfasern im Faserverbundwerkstoff können anstelle der Glasfasern auch andere geeignete Fasern verwendet werden.

Es wird eine Trägerplattform mit einem Formkörper angegeben, der einen Faserverbundwerkstoff enthält, welcher einen Anteil

von Armierungsfasern aufweist. Im Formkörper ist wenigstens eine Stromschiene angeordnet, die über Kontaktelemente kontaktierbar ist.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist es vorgesehen, dass die Kontaktelemente jeweils einen freiliegenden und daher von außerhalb der Trägerplattform zugänglichen Kontaktbereich aufweisen. Vorzugsweise sind die Stromschienen zumindest teilweise formschlüssig im Formkörper integriert bzw. im Formkörper eingebettet.

Stromschienen sind im Sinne der hier beschriebenen Gegenstände vorzugsweise einteilige Stromleitungen. Unter Stromschienen werden solche Stromleitungen verstanden, die eine Stromstärke von mindestens 20 A, vorzugsweise mindestens 100 A, tragen können, ohne dadurch zerstört zu werden. Die Stromschienen - vorzugsweise Kupferschienen - sind vorzugsweise als Flachbandleitungen ausgebildet.

Grundsätzlich können beliebige Stromleitungen, auch mehrteilige Stromleitungen, zumindest teilweise oder komplett im Formkörper integriert und insbesondere eingebettet sein. Die Integration der Stromleitungen, insbesondere im Falle der Einbettung, bedeutet, dass die Stromleitung in Umfangsrichtung allseitig vom Material des Formkörpers, d. h. Faserverbundwerkstoff umgeben ist. Die Stromleitungen bzw. Stromschienen können einen beliebig geformten, insbesondere rechteckigen oder runden Querschnitt haben.

Vorzugsweise liegen lediglich Kontaktbereiche einer Stromschiene frei, d.h. die Kontaktbereiche sind von außen zugänglich. Eine der Stromschienen stellt vorzugsweise eine Kontaktleiste dar. Eine Kontaktleiste umfasst eine Stromschiene,

die im Querschnitt flach oder rund sein kann, und vorzugsweise mindestens zwei senkrecht auf der Stromschiene stehende bzw. vertikale Kontaktelemente, die vorzugsweise an verschiedenen Enden oder an verschiedenen Verzweigungen der Stromschiene angeordnet sind und insbesondere Innenanschlüsse der Trägerplattform zum Anschließen von elektronischen Bauelementen bilden. Die Kontaktelemente sind elektrisch und z. B. durch Schweißen mechanisch fest mit der Stromschiene verbunden und zumindest teilweise, vorzugsweise aber komplett bis auf ihren freiliegenden Kontaktbereich durch Kunststoff umpresst oder im Kunststoff eingegossen.

In einer Variante der Plattform gibt es keine separaten vertikalen Kontaktelemente, da die Stromschiene selbst freiliegende und daher von außen kontaktierbare Kontaktbereiche aufweist, die zudem auch als Kontaktelement dienen können.

Eine Zuleitung kann eine Stromschiene und ein oder mehrere vertikale Kontaktelemente zur Kontaktierung von Bauelementen aufweisen. Eine Zuleitung kann auch neben einer Stromschiene einerseits mindestens ein vertikales Kontaktelement zur Kontaktierung von einem Bauelement und andererseits einen Außenanschluss oder ein weiteres Kontaktelement zur äußeren Kontaktierung aufweisen.

Im Formkörper sind vorzugsweise Kontaktelemente als Innenanschlüsse zum Anschließen von Bauelementen integriert. Durch geometrische Formgebung des Formkörpers oder einer zur Bildung eines geschlossenen Gehäuses verwendeten Haube können Einbauplätze definiert werden, in die bestimmte elektrische Bauelemente eingepasst werden. Einem Einbauplatz sind mindestens zwei Innenanschlüsse zugeordnet. Am Formkörper der Trägerplattform können Außenanschlüsse ausgebildet sein. Die Au-

ßenanschlüsse können aber auch durch aus dem Formkörper herausragende Teile der im Formkörper integrierten Stromschienen gebildet sein.

Verschiedene Bauelemente sind elektrisch miteinander bzw. mit Außenanschlüssen mittels elektrischer Zuleitungen (Stromleitungen) verbunden, wobei wenigstens ein Teil der Zuleitungen zumindest teilweise formschlüssig, z. B. durch ein Guss- oder Pressverfahren in der Trägerplattform integriert ist.

Ein Innenanschluss zum Anschließen von im Modul enthaltenen Bauelementen oder ein Außenanschluss zur externen Beschaltung des Moduls kann direkt an eine Zuleitung bzw. Stromschiene angeschlossen oder als freiliegender Kontaktbereich der entsprechenden Stromschiene ausgebildet sein. Es ist möglich, dass mindestens eine Zuleitung z. B. als eine Phasen-Stromschiene ausgebildet ist, welche vorzugsweise an ihren beiden aus dem Formkörper herausragenden Enden von außen zugängliche Außenanschlüsse aufweist.

Einem Einbauplatz sind vorzugsweise mindestens zwei vertikale Kontaktelemente zugeordnet, die vorzugsweise eine Montageeinrichtung zur Montage des Bauelements aufweisen oder selbst zur Montage eines solchen Bauelements, z. B. durch Verschrauben oder Stecken, geeignet sind. Die vertikalen Kontaktelemente sind vorzugsweise zylinderförmig ausgebildet und können ein Innengewinde aufweisen. Die vertikalen Kontaktelemente können alternativ jeweils in Form einer vorzugsweise mit Federkontakten versehenen Buchse ausgebildet sein, die als Montageeinrichtung eine Öffnung zur Aufnahme von Steckkontakten (eines Bauelements) aufweist.

Die vertikalen Kontaktelemente sind vorzugsweise so im Körper der Trägerplattform angeordnet, dass nur ihre Montageeinrichtung frei liegt. Die Montageeinrichtung wird mittels Befestigungsvorrichtungen wie z. B. Befestigungsbolzen, Stecker oder Clips mit einem Anschluss des Bauelements verbunden.

Alternativ können die vertikalen Kontaktelemente jeweils als ein aus dem Formkörper herausragender Stecker oder Gewindebolzen ausgebildet sein, der mit einer entsprechend geformten Befestigungsvorrichtung, in diesem Fall einer Buchse bzw. einer Schraubenmutter verbindbar ist.

Eine mechanische Verbindung mittels Befestigungsvorrichtungen kann grundsätzlich durch eine monolithische Verbindung (vorzugsweise Schweißverbindung) ersetzt werden und umgekehrt.

Eine hier beschriebene Trägerplattform hat den Vorteil, dass die Zuleitungen wegen der Integration im Formkörper der Trägerplattform keiner zusätzlichen isolierenden Umhüllung bedürfen. Durch die Integration der Stromleitungen in die Trägerplattform entfällt der Aufwand für die manuelle Montage der elektrischen Verbindungen.

Eine formschlüssige feste Verbindung - insbesondere eine Einbettung, z. B. durch Eingießen, Kleben oder Umpressen - zwischen den integrierten Stromleitungen und dem Formkörper der Trägerplattform hat aufgrund einer hohen mechanischen Stabilität des Formkörpers Vorteile gegenüber den für Anwendungen mit Kunststoffgehäusen bekannten mehrteiligen, z. B. als Steckverbindungen ausgeführten Durchführungsvorrichtungen, welche die Außenanschlüsse einer Funktionseinheit mit den Anschlüssen der entsprechenden Baugruppe elektrisch verbinden.

Die Einbettung von Stromleitungen, insbesondere elektrischen Durchführungselementen hat den Vorteil, dass dadurch ein hermetisch bzw. ausreichend gasdichter Modulbereich geschaffen werden kann.

Eine Einbettung von Stromschienen im Formkörper der Trägerplattform ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der thermische Ausdehnungskoeffizient des Materials der Stromschienen an den thermischen Ausdehnungskoeffizient des Materials der Trägerplattform angepasst ist, d. h. wenn die relative Abweichung der Ausdehnungskoeffizienten einen vorgegebenen Grenzwert β nicht übersteigt. Je nach Anforderungen der Anwendung kann β z. B. 10%, 20% oder 30% betragen. Idealerweise sind die Ausdehnungskoeffizienten des Metalls der eingebetteten Stromleitungen und des Kunststoffes des Plattformkörpers genau aneinander angepasst ($\beta \leq 0,01$).

Ein Faserverbundwerkstoff umfasst vorzugsweise ein Polymer und einen Anteil von Glasfasern, die in einer Polymermatrix eingebettet sind. Die Glasfasern sorgen für mechanische Festigkeit der Trägerplattform, während das u. a. auch zur Verbindung von Glasfasern dienende Polymer eine hohe Isolierfestigkeit und Dichtheit der Plattform gewährleisten kann.

Die Trägerplattform wird vorzugsweise (als Teil eines Gehäuses) zum Aufbau eines modularen Systems für die Verbesserung der Energiequalität von Niederspannungsnetzen verwendet. Es handelt sich hierbei um Netz-Kompensationsvorrichtungen, auch Blindleistungs-Regeleinheiten genannt, die als vorzugsweise gehäuste Module aufgebaut sind. Ein solches Modul weist vorzugsweise eine der Anzahl von Stromphasen entsprechende Anzahl von Außenanschlüssen auf.

In einer Blindleistungs-Regeleinheit sind im Körper der Trägerplattform als Stromleitungen Phasen-Stromschienen integriert, die an ein Stromnetz anschließbar sind. Die Phasen-Stromschienen sind im Körper der Trägerplattform vorzugsweise formschlüssig integriert bzw. eingebettet und an zu Modulbauelementen weiterführende Zuleitungen angeschlossen. Die Anzahl der Phasen-Stromschienen entspricht der Anzahl der Stromphasen im Stromnetz. Bei dreiphasigen Anwendungen sind in der Trägerplattform daher drei vorzugsweise parallel zueinander verlaufende Phasen-Stromschienen vorgesehen. In einer Ausführungsform weist jede Phasen-Stromschiene an ihren beiden Enden Außenanschlüsse auf und wird zur Netzleitung zwischen dem Netzbetreiber und dem Netzverbraucher parallel geschaltet.

In einer Blindleistungs-Regeleinheit bildet die hier beschriebene Trägerplattform die Basis einer gemeinsamen Umhausung für (vorzugsweise alle) funktionsrelevante Modulbauelemente, wobei die Bauelemente im Gehäuse insbesondere „nackt“, d. h. als für sich ungehäuste Bauelemente eingebaut werden können, um Materialkosten für Umhausung der Einzelbauteile, Montagekosten und Bauvolumen einzusparen. Vorzugsweise sind daher die meisten oder alle Bauelemente für sich ungehäust.

Es wird darüber hinaus eine Blindleistungs-Regeleinheit angegeben, bei der auf einer gemeinsamen Plattform ungehäuste elektrische Bauelemente angeordnet sind und wobei auf der Plattform ein für wenigstens einen Teil der elektrischen Bauelemente gemeinsames Gehäuse angeordnet ist. Die Plattform muss dabei nicht notwendigerweise die hier im einzelnen beschriebenen Eigenschaften aufweisen. Insbesondere können in dem angegebenen Modul Kondensatoren ohne Einzelgehäuse sowie Schütze und Sicherungen angeordnet sein. Auch die Sicherungen

und die Schütze weisen vorzugsweise keine einzelnen Gehäuse auf, sondern sind ungehäust bzw. "nackt". Durch den Verzicht auf Einzelgehäuse und durch gleichzeitiges Bilden eines gemeinsamen Gehäuses für mehrere Komponenten kann Volumen eingespart werden. Darüber hinaus kann Gewicht eingespart werden, zudem können auch die Herstellungskosten für ein solches Modul gesenkt werden.

Neben der Kosteneffektivität bieten die beschriebenen Module die Möglichkeit einer Standardisierung, was bedeutet, dass ein standardisiertes, für eine bestimmte zu regelnde elektrische Leistung geeignetes Modul definiert wird, und dass zur Regelung einer vorgegebenen elektrischen Blindleistung einfach die Anzahl der benötigten, untereinander gleichartigen Module hintereinander zu einer großen Netz-Kompensationsvorrichtung zusammengeschaltet werden. Dies bietet den Vorteil gegenüber den üblichen Kleinserien, dass eine industrielle Serienfertigung mit niedrigen Produktionskosten ermöglicht wird.

Auf der Basis der hier beschriebenen Trägerplattform sind auch neue technische Lösungen, wie z. B. eine dynamische Blindleistungskompensation realisierbar. Insbesondere ist es möglich, auch ungehäuste Halbleiter-Schaltelemente im Modul zur aktiven Blindleistungskompensation einzusetzen.

Auf dem Formkörper der Trägerplattform kann zur Bildung eines Gehäuses zumindest eine Haube angeordnet sein. In der bevorzugten Variante ist auf einander gegenüber liegenden Seiten des Formkörpers jeweils eine Haube vorgesehen, wobei eine erste Haube z. B. als eine dicht schließende Haube vorzugsweise aus Metall, z. B. Edelstahl und eine zweite, vorzugsweise abnehmbare Haube aus Kunststoff ausgebildet ist. Ein

solches differenziertes Umhausungsdesign kann insbesondere optimale Randbedingungen für die einzusetzenden Bauelemente schaffen, wenn z. B. die Metallhaube zur Häusung von Kondensatoren und die Kunststoffhaube zur Häusung von passiven oder aktiven Schaltgeräten bzw. Schaltelementen verwendet wird.

Das vorgeschlagene Konzept eines Leistungsmoduls sorgt insbesondere für die Erfüllung wichtiger Brandschutznormen und der Forderung nach lageunabhängigem Einbau und ist umweltfreundlich.

Die Funktionseinheit eines Blindleistungs-Kompensationsmoduls ist vorzugsweise in mehrere Funktionsgruppen aufgeteilt, die jeweils in einem eigenen Hohlraum bzw. Modulbereich, d. h. separat von anderen Funktionsgruppen desselben Moduls gehäust sind. Vorzugsweise ist jeder Funktionsgruppe ein eigener, mechanisch von anderen Modulbereichen isolierter Modulbereich zugewiesen.

Eine Funktionsgruppe umfasst mehrere vorzugsweise elektrisch miteinander verbundene, vorzugsweise gleichartige Bauelemente oder alternativ mehrere verschiedene Bauelemente, die zumindest einen Teil einer bestimmten Kompensationsschaltung realisieren. Eine Funktionsgruppe kann also Komponenten umfassen, die verschiedenen Stromphasen zugeordnet sind, oder mehrere Komponenten eines Schaltungszweiges, der einer Stromphase zugeordnet ist. Vorzugsweise bilden die Leistungskondensatoren eine eigene (erste) Funktionsgruppe, während die meisten bzw. alle übrigen Bauelemente der Funktionseinheit eine zweite, für sich gehäuste Funktionsgruppe bilden.

Befestigungspunkte auf der Trägerplattform können vorzugsweise als Inserts, d.h. als Buchsen mit einem durchgehenden oder

einem Sackloch und einem Innengewinde oder auch anderweitig in Form von Befestigungsbereichen ausgebildet sein. In der Trägerplattform eines Moduls mit mehreren für sich gehäuten Modulbereichen sind vorzugsweise elektrische Durchführungselemente integriert bzw. zumindest teilweise eingebettet, welche die Modulbereiche elektrisch miteinander verbinden.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Formkörper der Trägerplattform z. B. zweiteilig gebildet ist, wobei in mindestens einem der Teile des Formkörpers auf seiner nach innen (d. h. zum anderen Teil) gewandten Seite Vertiefungen zur Aufnahme von Stromschienen, insbesondere Phasen-Stromschienen ausgebildet sind. Die Teile der Trägerplattform können nach der Anordnung der Stromschienen miteinander und mit den Stromschienen z. B. verklebt, verschraubt oder anderweitig mechanisch fest verbunden werden.

Es wird auch eine Netz-Kompensationsvorrichtung mit der Funktion eines Phasenschiebers angegeben. Ein Phasenschieber-Modul umfasst eine Funktionseinheit, die pro Stromphase mindestens eine Kapazität umfasst, welche z. B. einen Leistungskondensator darstellt. Die Funktionseinheit kann ferner eine Schaltvorrichtung - vorzugsweise ein Schaltschütz - und pro Stromphase mindestens eine Sicherung aufweisen.

Zum Ausgleich der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung in Netzen werden vorzugsweise selbstheilende dreiphasige Leistungskondensatoren, die vollimprägniert oder in Trockentechnologie hergestellt werden können, eingesetzt.

In einem hier beschriebenen Phasenschieber- oder Netzfilter-Modul werden als Leistungskondensatoren vorzugsweise trockene dreiphasige MKK-Kondensatoren (MKK = Metallisierte Kunst-

stofffolie, Kompaktbauweise) eingesetzt. Auch ölgefüllte und ölimprägnierte Kondensatoren können verwendet werden. Ein Kondensator kann als ein Rund-, Schicht- oder Flachwickel ausgebildet sein. Anstelle eines einzelnen Kondensators kann als Kapazität des Moduls ein Kondensator-Wickelpaket verwendet werden, das eine bestimmte Anzahl von mechanisch fest und mittels Stromleitungen elektrisch miteinander verbundene, z. B. in Dreieck oder Stern geschaltete einzelne Kondensatorwickel umfasst.

Die Anzahl von Kondensatorwickeln in einem Paket bei drei Phasen ist vorzugsweise $3N$, $N=1, 2 \dots$. Dabei ist das Kondensator-Wickelpaket vorzugsweise "nackt", d. h. für sich ungehäust im Modulgehäuse, vorzugsweise in einem hermetisch dicht geschlossenen ersten Modulbereich angeordnet. Der hermetische Abschluss zwischen Gehäuseteilen -- d. h. zwischen dem Formkörper und einer vorzugsweise als Metallhaube ausgebildeten Haube kann z. B. durch Verkleben oder Verschrauben und unter Verwendung eines passenden Dichtmittels erfolgen.

Das Schalten von Leistungskondensatoren, insbesondere wenn sie parallel zu anderen, schon geladenen Kondensatoren geschaltet sind, kann hohe Spitzenspannungen und hohe Einschaltströme verursachen, was die Lebensdauer der Kondensatoren verringert. Zur Dämpfung dieser Belastung kann ein Kondensatorschützaufbau mit Vorladewiderstand eingesetzt werden, vorzugsweise weitgehend ohne Umhausung. In der Funktionsbaugruppe können Kondensator-Entladevorrichtungen wie Entladeinduktivitäten und/oder Entladewiderstände vorgesehen sein, wobei die Entladeinduktivitäten z. B. als Luftspulen ausgeführt sein können.

Sicherungselemente können mit Halterungen versehen sein, sind jedoch vorzugsweise weitgehend ohne Umhausung ausgeführt.

Auch Sicherheitsvorrichtungen wie z. B. ein Temperaturfühler oder ein Überdruck-Schalter können in der Funktionseinheit des Moduls enthalten und im Modulgehäuse angeordnet sein. In der bevorzugten Variante bietet das Modul mehrere unabhängige Sicherheitseinrichtungen: einen Überdruckschalter und einen temperatursensitiven Schalter. Zusätzlich kann ggf. eine Überdruck-Abreißsicherung eingebaut werden.

Die Überdruck-Abreißsicherung kann im Kondensatorbereich des Moduls z. B. dadurch realisiert werden, dass die Abreißkraft und der Abreißweg eines Sicherungsdrahtes derart gewählt wird, dass die Haube bei Überdruck im Kondensatorbereich, insbesondere am Ende der Lebensdauer der selbstheilenden Kondensatoren oder im Fehlerfall zum Abreißen des Sicherungsdrahtes ausreichende Verformungswege und Abreißkraft zur Verfügung stellt.

Insbesondere wird angegeben eine Sicherheitsvorrichtung für einen Kondensator, bei der ein Temperaturschalter in der Nähe eines Punktes hoher thermischer Leistung (auch Hot-Spot genannt) angeordnet ist. Der Temperaturschalter kann beispielsweise ein temperaturabhängiger Mikroschalter auf der Basis eines Bimetallschalters sein. Bei Überhitzung des Kondensators schaltet der temperaturabhängige Mikroschalter um und kann beispielsweise einen in den hier angegebenen Modulen verwendeten Schütz bzw. eine andere Schaltvorrichtung betätigen, um den Kondensator vom Netz zu nehmen bzw. ihn abzuschalten und dadurch eine weitere Erhitzung des Kondensators und eine Zerstörung der gesamten Anordnung zu verhindern.

Besonders bevorzugt wird der Temperaturschalter im Innern des Kernrohrs des Kondensators angeordnet. Das Kernrohr ist vorzugsweise innen hohl und ist außen mit dem Kondensatorwickel umwickelt. Vorzugsweise wird die Sicherheitseinrichtung verwendet bei ungehäusten Kondensatoren bzw. bei Kondensatoren, von denen einer oder mehrere in einem hier angegebenen Modul eingebaut sind. Es kommen insbesondere Kondensatoren in Betracht, die eine elektrische Blindleistung von 12,5 bis 50 kvar je Kondensatorwickel verarbeiten können.

Darüber hinaus kann das hier beschriebene Sicherheitskonzept erweitert werden durch einen Druckwächter, der den Druck in einem Kondensatorgehäuse bzw. in einem Gehäuse mit mehreren ungehäusten Einzelkondensator-Wickeln fühlt und ebenfalls mit einer Schaltvorrichtung gekoppelt ist. Bei Erhöhen des Drucks über einen vorgegebenen Grenzwert schaltet der Druckwächter die Schaltvorrichtung ab und diese wiederum trennt den Kondensator vom Netz.

Vorzugsweise kann der Druckwächter, beispielsweise aus Platzgründen oder um nicht der Hitze der ersten Funktionsgruppe ausgesetzt zu sein, auch in der zweiten Funktionsgruppe angeordnet sein. D.h., dass der Druckwächter auf der der ersten Funktionsgruppe gegenüber liegenden Seite der Plattform angeordnet ist. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn die Druckkopplung des Überdruckwächters mit den Kondensatoren über ein in die Plattform eingepresstes Insert erfolgt. Dies kann im einfachsten Fall eine metallische Hülse, beispielsweise aus Messing sein, die eine durchgehende Bohrung aufweist, sodass die beiden Volumina der ersten Funktionsgruppe und der zweiten Funktionsgruppe gekoppelt werden können. Durch geeignete Dichtmaßnahmen, beispielsweise Dichtringe, die verwendet werden, um den Druckfühler beim Einschieben in

das Insert gegen die Umgebung abzudichten, kann auch für eine ausreichende Dichtheit des dicht geschlossenen, vorzugsweise die Kondensatoren enthaltenden Modulbereichs gewährleistet sein.

Am Gehäuse des Moduls oder im Inneren des Gehäuses können auch Montageeinrichtungen zur Befestigung von Steuer- oder Signalleitungen für die Schalter oder Fühler platziert werden.

Das Modul kann ein vorzugsweise im Gehäusedeckel integriertes Element mit einer von außen sichtbaren Anzeige wie z. B. „Ein/Aus“, die den Betriebszustand des Moduls anzeigt, oder zumindest ein entsprechendes Leuchtelement, z. B. eine rote oder eine grüne Lampe, aufweisen.

In einer weiteren Variante ist als Netz-Kompensationsvorrichtung ein Modul mit Funktion eines Netzfilters vorgesehen.

Eine als Netzfilter ausgelegte Netz-Kompensationsvorrichtung ebenso wie eine für die Blindstrom-Kompensation vorgesehene Vorrichtung kann neben Leistungskondensatoren z. B. folgende Komponenten umfassen: Filterkreisdrosseln als Induktivitäten, Entladedrosseln oder Entladewiderstände, Sicherungen bzw. Lasttrennschalter, Steuerbaugruppen wie z. B. Temperaturfühler und Schaltvorrichtungen wie z. B. Schaltschütze oder dynamische Schaltelemente wie Thyristoren.

Es wird darüber hinaus eine Vorrichtung zur Blindstromkompensation angegeben, bei der neben einem oder mehreren Kondensatoren, die gegebenenfalls auch sehr hohe elektrische Leistungen verarbeiten können, noch eine Schaltvorrichtung zum An- bzw. Abschalten der Kondensatoren vorgesehen ist. Eine solche

Schaltvorrichtung kann beispielsweise durch ein Schaltschütz gegeben sein. Eine Schaltvorrichtung kann aber auch mittels einer oder mehrerer Thyristoren realisiert werden. Thyristoren haben den Vorteil, dass sie einen dynamischen Schaltvorgang ermöglichen, d.h., dass der Kondensator gewissermaßen "sanft" an das Netz angekoppelt wird. Dadurch können transiente Vorgänge im Netz, d.h. das Auftreten von Oberschwingungen weitgehend vermieden werden. Darüber hinaus hat die Verwendung von Thyristoren noch den Vorteil, dass sie nur einem äußerst geringen Verschleiß unterliegen und damit eine nahezu beliebige Anzahl von Schaltvorgängen für das Zuschalten bzw. Abschalten der Kondensatoren durchgeführt werden können.

Es wird darüber hinaus ein Blindleistungskompensations-Modul angegeben, das bei sehr kleinem Volumen und auch bei sehr kleinem Gewicht eine hohe elektrische Blindleistung verarbeiten kann. Insbesondere wird ein Modul angegeben, das eine Blindleistung größer 20 kvar verarbeiten kann. Insbesondere wird ein Modul angegeben, das eine Blindleistung von 50 bis 100 sowie größer als 100 kvar verarbeiten kann. Ein solches Modul hat ein Gewicht, das vorzugsweise kleiner als 50 kg ist, insbesondere wird ein Modul angegeben mit einem Gewicht, das zwischen 20 und 50 kg beträgt, vorzugsweise zwischen 33 und 38 kg. Das hier angegebene Modul hat auch sehr geringe Abmessungen, insbesondere benötigt das Modul ein umbautes Volumen, das kleiner ist als 100 l. Insbesondere beträgt das benötigte Volumen zwischen 20 und 50 l, vorzugsweise 39 bis 53 l.

Ein Modul, das die oben genannten Kennzahlen bezüglich elektrischer Leistung, Gewicht und Volumen erfüllt, kann beispielsweise realisiert werden durch Verwendung einer hier be-

beschriebenen Trägerplattform in Verbindung mit ungehäusten elektrischen Leistungskondensatoren sowie in Verbindung mit gegebenenfalls ebenfalls ungehäusten Schaltelementen wie beispielsweise Schütze oder Thyristoren.

Ein als Netzfilter ausgelegtes Modul umfasst vorzugsweise einen verdrosselten Kondensator, d. h. eine Reihenschaltung aus einem Kondensator und einer vorzugsweise als Drosselspule (Drehstromspule) gewählten Induktivität. Damit entsteht ein Reihenschwingkreis, dessen Resonanzfrequenz z. B. durch Auslegung der Drossel vorzugsweise so eingestellt ist, dass sie unterhalb einer Grenzfrequenz, beispielsweise der fünften Oberschwingungsfrequenz (250 Hz) liegt. Es können grundsätzlich beliebige Schwingkreisauslegungen realisiert werden. Damit wirkt der verdrosselte Kondensator für alle höheren Oberschwingungsfrequenzen induktiv, was gefährliche Resonanzen zwischen Kondensator und Netzinduktivitäten bei höheren Frequenzen eindämmen kann. Auch weitere der oben genannten Komponenten können im Netzfilter-Modul enthalten sein.

Netz-Kompensationsvorrichtungen werden mittels Blindleistungsregler geschaltet, die z. B. als ein separates Modul verfügbar und an die Netz-Kompensationsmodule anschließbar sind.

Es wird darüber hinaus ein elektronisches Modul angegeben, das auf der Basis der hier beschriebenen Trägerplattform ausgebildet ist. Zusätzlich zur Trägerplattform sind ein oder mehrere Kondensatoren, gegebenenfalls eingebaut in ein Gehäuse, vorgesehen. Bei den Kondensatoren kann es sich vorzugsweise um Leistungskondensatoren handeln. Das Modul kann für viele verschiedene Zwecke angewendet werden und muss nicht notwendigerweise der Kompensation von Blindströmen dienen.

Vielmehr sind auch Funktionen denkbar, wie beispielsweise das Filtern von Oberwellen oder die Verwendung als Oberschwingungsfilter.

Es wird darüber hinaus eine modulare Vorrichtung zur Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung eines Netzes angegeben. Die Vorrichtung kann auch als Blindleistungskompensations-Vorrichtung verwendet werden. Die Vorrichtung kann eines oder mehrere hintereinander geschaltete Phasenschiebermodule enthalten. Dabei kommen insbesondere hier beschriebene Phasenschiebermodule in Betracht, die beispielsweise jeweils eine elektrische Blindleistung von 50 bis 100 kvar verarbeiten können. Der modulare Aufbau hat den Vorteil, dass eine flexible Anpassung an die gegebenen Anforderungen möglich ist. Beispielsweise kann zum Aufbau einer Phasenschieber-Vorrichtung mit einer elektrischen Leistung von 200 kvar unter Verschaltung eine Anzahl von zwei Phasenschiebermodulen mit jeweils der elektrischen Leistung 100 kvar aufgebaut werden. Durch die hier beschriebenen kompakten Einzelmodule kann auch die gesamte Phasenschieber-Vorrichtung sehr raum- und gewichtssparend ausgeführt werden. Darüber hinaus hat die Vorrichtung den Vorteil, dass eine flexible Anpassung an kleinere oder auch größere zu verarbeitende Blindleistungen möglich ist.

Im Folgenden werden die oben beschriebenen Vorrichtungen anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen anhand schematischer und nicht maßstabsgetreuer Darstellungen verschiedene Beispiele. Gleiche oder gleich wirkende Teile sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figuren 1A, 1B, 1C zeigen jeweils eine schematische Draufsicht auf ein Modul.

Figur 1D zeigt eine Variante des Gehäuses mit einer Trägerplattform im schematischen Querschnitt.

Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild einer zur Blindleistungskompensation geeigneten Funktionseinheit, welche Drehstromkondensatoren, Entladedrosseln bzw. -widerstände, Drehstromdrosseln, Sicherungen, Phasenstromleitungen und ein Kondensatorschutz umfasst.

Figur 3 zeigt eine Dreieck-Schaltung von einzelnen kompakten LC-Elementen.

Figur 4 zeigt den Aufbau eines beispielhaften LC-Elements.

Figur 5 zeigt ein schematisches Schaltbild des LC-Elements gemäß Figur 4.

Figur 6 zeigt ein weiteres Kompensationsmodul im schematischen Querschnitt senkrecht zu den Achsen der Phasen-Stromschienen.

Figur 7 zeigt einen beispielhaften Aufbau elektrischer Zuleitungen.

Figur 8 zeigt ausschnittsweise die in Figur 9 dargestellte Trägerplattform im schematischen Querschnitt.

Figur 9 zeigt ein Modul gemäß Figur 6 in einem schematischen Querschnitt parallel zu den Achsen der Pha-

sen-Stromschienen und senkrecht zur Ebene, in der die Achsen der Phasen-Stromschienen liegen.

Figur 10 zeigt ein Modul gemäß der Figur 6 in einem schematischen Querschnitt parallel zur Ebene, in der die Achsen der Phasen-Stromschienen liegen.

Figur 11A zeigt ein weiteres Modul in einem schematischen Querschnitt senkrecht zu Achsen der Phasen-Stromschienen.

Figur 11B zeigt das Modul gemäß der Figur 11A in einem weiteren schematischen Querschnitt parallel zu Achsen der Phasen-Stromschienen und senkrecht zur Ebene, in der die Achsen der Phasen-Stromschienen liegen.

Figur 12A zeigt in perspektivischer Ansicht den Aufbau von im Formkörper der Trägerplattform integrierten Innenanschlüssen der Phasen-Stromschienen.

Figur 12B ausschnittsweise eine weitere perspektivische Ansicht der Anordnung gemäß Figur 12a.

Figur 13A zeigt einen beispielhaften Aufbau einer elektrischen Durchführung, die in der Trägerplattform eingebettet ist, in einer gebrochenen Darstellung.

Figur 13B zeigt einen beispielhaften Aufbau von Innenanschlüssen der integrierten Phasen-Stromschienen.

Figur 14 zeigt eine modular aufgebaute Phasenschieber-Einrichtung.

Figuren 15 und 16 zeigen ein Sicherheitskonzept.

Figur 17 zeigt den glasanteilabhängigen Wärmeausdehnungskoeffizient α für verschiedene Mischungen eines Polyesterharzes mit Armierungsglas.

Figur 1A zeigt eine schematische Draufsicht auf ein Modul, das einen Formkörper 1 als Trägerplattform, eine erste Haube 2 und eine zweite Haube 3 aufweist. Die erste Haube 2 ist vorzugsweise aus Metall gebildet. Die zweite Haube kann aus Metall oder Kunststoff gebildet sein.

Zwischen dem Formkörper 1 der Trägerplattform und der ersten Haube 2 ist ein vorzugsweise hermetisch dicht geschlossener erster Modulbereich 1-1 angeordnet, der vorzugsweise Kondensatoren aufnimmt. Zwischen dem Formkörper 1 und der zweiten Haube 3 ist ein zweiter Modulbereich 1-2 angeordnet. Beide Modulbereiche sind mittels hier nicht sichtbarer elektrischer Durchführungen und Zuleitungen z. T. durch die Trägerplattform hindurch elektrisch miteinander und mit Phasen-Stromschienen 41, 42, 43 verbunden, wobei sie mechanisch durch den Formkörper 1 der Trägerplattform voneinander getrennt sind. Die Phasen-Stromschienen 41, 42, 43 sind hier als drei zueinander parallele Kupfer-Flachbandleitungen ausgebildet.

Die Phasen-Stromschienen können als Kupferschienen ausgebildet sein. Vorzugsweise weisen sie eine Breite von 30 mm und eine Dicke von 15 mm auf. Dadurch wird eine ausreichende Stromtragfähigkeit erreicht (720 A bei 50 Hz als Nennstrom) und die Kupferschienen sind für eine maximale Gesamtleistung von 500 kvar elektrische Blindleistung geeignet. Dies bedeutet, dass in einem modularen Aufbau von mehreren hintereinander geschalteten Blindstrom-Kompensationsmodulen bis zu fünf

solcher Module parallel geschaltet werden können, wobei jedes Modul eine elektrische Leistung von 100 kvar aufweist. In anderen Ausführungsformen kann die Dicke auch nur 10 mm oder 5 mm betragen.

Für Phasenschieber-Module, bei denen eine Parallelschaltung mehrerer Module nicht vorgesehen ist, genügt es, wenn die Stromschienen einen kleineren Querschnitt von beispielsweise 30 mm in der Breite und 5 mm in der Dicke aufweisen.

Die geometrischen Abmessungen sind nicht auf die genannten Zahlenwerte beschränkt, vielmehr kommen auch Kupferschienen in Betracht, bei denen Breite bzw. Dicke von den genannten Zahlenwerten abweichen, bei denen jedoch die Querschnittsfläche in etwa den hier beschriebenen Werten entspricht. Grundsätzlich skaliert die Stromtragfähigkeit mit der Querschnittsfläche. D.h. bei doppeltem Querschnitt der Stromschiene kann auch ein doppelter Strom getragen werden.

Der Querschnitt sollte bevorzugt $5 \times 20 \text{ mm}^2$ nicht unterschreiten, entsprechend einer Stromtragfähigkeit von etwa 160 A.

Im Formkörper 1 ist ein Teil einer ersten 41, einer zweiten 42 und einer dritten 43 Phasen-Stromschiene eingebettet.

Der Formkörper kann vorzugsweise so gebildet sein, dass neben einer oder mehreren Stromschienen noch weitere metallische Elemente, wie beispielsweise Durchführungen oder Inserts in diesen eingebettet sind. Ferner kann der Formkörper mit einer Haube abgedeckt sein, die in eine im Formkörper angeordneten Nut eingreift. Um die dauerhafte Dichtigkeit der durch den Formkörper bzw. durch die gesamte Trägerplattform zusammen

mit abdeckenden Hauben gebildeten Hohlräume in ausreichendem Maße zu gewährleisten, ist es vorteilhaft, wenn die Längenausdehnungskoeffizienten der verschiedenen beteiligten Materialien aneinander angepasst sind.

Für die Herstellung des Formkörpers kommen als Bestandteile insbesondere Armierungsglas (beispielsweise E-Glasfiber) sowie eine Matrix aus größtenteils ungesättigtem Polyester oder Vinylester in Betracht. Der Formkörper kann zudem noch einen Anteil an mineralischen Füllstoffen enthalten.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn der Wert für CTI größer als 600 ist. CTI ist hierbei die Abkürzung für den Begriff "Comparative Tracking Index". CTI ist die Vergleichszahl der Kriechwegbildung. Isolationsmaterialien erfüllen ihren isolierenden Zweck dann nicht mehr, wenn Kriechwege für den Strom durch Verschmutzung oder Feuchtigkeit auf deren Oberfläche entstehen. CTI ist die maximale Spannung - gemessen in Volt -, bei der 50 Tropfen eines kontaminierten Wassers keine Kriechwegbildung auf dem Isolationsmaterial hervorrufen. Diese Prüfung ist in IEC 112 festgelegt.

Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die Trägerplattform bzw. der Formkörper der Brandschutznorm NFF 16 101/102 mit zutreffender Klassifizierung genügt.

Die genannten Anforderungen können besonders kostengünstig erfüllt werden durch die Verwendung eines Faserverbundwerkstoffs mit beispielsweise der Bezeichnung "glasfaserverstärktes Polyester". Besonders bevorzugt wird ein Material verwendet, das die Anforderungen für SMC (= Sheet Molding Compound) oder BMC (= Beetle Molding Compound) erfüllt. Für eine lang anhaltende Dichtklebung zwischen Metall und Kunststoff, wobei

hier insbesondere eine Metallhaube auf einer Seite der Plattform in Frage kommt, ist es wichtig, dass die Längenausdehnungskoeffizienten der beteiligten Materialien angepasst ist. Zur näheren Erläuterung der Anpassung der Längenausdehnungskoeffizienten wird in der folgenden Tabelle eine beispielhafte Angabe für Längenausdehnungskoeffizienten von möglichen und nicht abschließend genannten beteiligten Materialien angegeben:

| Material (Werkstoff) | Längenausdehnungskoeffizient α ($10^{-6}/K$) |
|----------------------|--|
| Stahl | 13 |
| Messing | 18 |
| Kupfer | 16,8 |
| Armierungsglas | 5 - 8 |
| Polyesterharz | 30 - 45 |

In einem ersten Ausführungsbeispiel der Plattform wird diese mit einer Stahlhaube abgedeckt. Es wird für den Formkörper eine Mischung aus Polyesterharz und Armierungsglas in Form eines Verbundwerkstoffs gewählt, wobei 30 % Harz und 70 % Armierungsglas in dem Werkstoff enthalten sind. Setzt man voraus, dass das Harz einen Längenausdehnungskoeffizient α von $35 \times 10^{-6}/K$ und das Armierungsglas einen Längenausdehnungskoeffizient von $6 \times 10^{-6}/K$ aufweist, so gelangt man zu einem Längenausdehnungskoeffizient des Verbundwerkstoffs von etwa $14 \times 10^{-6}/K$.

In einer anderen Ausdehnungsform der Trägerplattform kann der Längenausdehnungskoeffizient an eine Stromschiene (Kupferleitung) angepasst werden. Hierbei ist es sinnvoll, eine Mischung von 50 % Harz und 50 % Armierungsglas zu verwenden,

wobei für das Harz ein Wärmeausdehnungskoeffizient α von $30 \times 10^{-6}/K$ und für das Armierungsglas ein Wärmeausdehnungskoeffizient von $5 \times 10^{-6}/K$ gilt. Man erhält dann ein Verbundwerkstoff mit einem Längenausdehnungskoeffizient α von etwa $10^{-6}/K$.

Zur weiteren Erläuterung wird auf die grafische Darstellung in Figur 17 verwiesen. Dort ist der Ausdehnungskoeffizient eines Verbundwerkstoffs gezeigt in Abhängigkeit von einem prozentualen Glasanteil in dem Verbundwerkstoff. Der Verbundwerkstoff enthält außerdem einen Harzanteil, wobei für zwei verschiedene Harzmaterialien die Abhängigkeit eines mit dem jeweiligen Harz hergestellten Verbundwerkstoffs vom Glasanteil gezeigt ist. Figur 17 zeigt eine Kurve A für eine erste Harzzusammensetzung und eine Kurve B für eine zweite Harzzusammensetzung. Die beiden Harzzusammensetzungen unterscheiden sich durch ihren Längenausdehnungskoeffizient im reinen, d.h. im glasfreien Zustand.

Die grafische Darstellung zeigt, dass besonders bevorzugt die Einstellung des Ausdehnungskoeffizienten mittels Zugabe eines Glasanteils im Verbundwerkstoff über einen angenommenen linearen Zusammenhang zwischen Glasanteil und Ausdehnungskoeffizient α zu bewerkstelligen ist. Neben dem Glasanteil besteht ein weiterer Freiheitsgrad in der Auswahl eines geeigneten Harzes aus einer ganzen Gruppe von zur Verfügung stehenden Harzen. Lediglich beispielhaft sind zwei verschiedene Harzmaterialien in der Figur 17 erläutert.

Es wurde darüber hinaus gefunden, dass Harze mit einer relativ geringen Längenausdehnung eher zu einem spröden Materialverhalten und damit zur Bildung von Haarrissen neigen (vgl. Kurve A). Demgegenüber gilt für Harze mit einer etwas größe-

ren Längenausdehnung (vgl. Kurve B), dass die Neigung zu Haarrissen eher gering ist. Somit werden je nach Anforderung gegebenenfalls Harze mit einem größeren Längenausdehnungskoeffizienten bevorzugt.

Auf der anderen Seite kann allein aus prozesstechnischen Gründen eine exakte Anpassung des Längenausdehnungskoeffizienten an ein anderes im Formkörper eingebettetes Material nicht vollständig erfolgen. Es genügt jedoch eine ausreichende Anpassung der Längenausdehnungskoeffizienten, d.h., dass eine geringe Differenz zwischen den Längenausdehnungskoeffizienten des Formkörpers einerseits und dem Längenausdehnungskoeffizient der Stahlkappe, der Messing-Inserts oder der Kupferschienen andererseits durchaus erlaubt ist.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird ein Glasanteil von 27 % zusammen mit einem geeigneten Harz verwendet. Eine mit einem solchen Glasanteil hergestellte Plattform bzw. Formkörper hat einen Längenausdehnungskoeffizienten α von etwa $23 \times 10^{-6}/K$. Daraus ergibt sich eine Fehlanpassung an das Material Stahl von $10 \times 10^{-6}/K$, an das Material Messing von $5 \times 10^{-6}/K$ und an das Material Kupfer von zirka $6 \times 10^{-6}/K$. Eine solche Fehlanpassung entspricht einer bevorzugten Ausführungsform der Trägerplattform. Gegebenenfalls kann die Fehlanpassung auch größer sein, beispielsweise kann die Plattform auch einen größeren Längenausdehnungskoeffizienten aufweisen.

Die Verwendung eines relativ geringen Glasanteils, der insbesondere kleiner ist als er zur Einstellung eines Längenausdehnungskoeffizienten $< 20 \times 10^{-6}/K$ notwendig wäre (vgl. hierzu Figur 17), ist besonders vorteilhaft zur Bildung sehr

filigraner Strukturen als integrale Bestandteile des Formkörpers. Insbesondere für die Gestaltung feiner, senkrecht auf der Trägerplattform stehenden Rippen, die zur Isolierung zwischen Bauelementen verwendet werden, ist ein relativ niedriger Glasanteil vorteilhaft.

Besonders bevorzugt wird bei der Anpassung des Wärmeausdehnungskoeffizienten versucht, eine möglichst gute Anpassung an das Material Kupfer zu erreichen. Das Material Stahl ist relativ unkritisch, da zwischen der Plattform und der Stahlkappe gegebenenfalls noch ein elastischer Klebstoff angeordnet werden kann, der kleine Längenausdehnungsunterschiede gut kompensieren kann. Bei der Anpassung des Wärmeausdehnungskoeffizienten an das Material Messing ist zu berücksichtigen, dass das Material Messing in bevorzugten Ausführungsformen der Plattform nur in Form von kleinen Inserts vorkommt, so dass auch hier zumindest kleine Unterschiede im Wärmeausdehnungskoeffizient relativ unkritisch sind. Anders verhält es sich bei den Stromschienen, die die Plattform bzw. den Formkörper entlang einer relativ langen Strecke durchlaufen und somit sich infinitesimale Längenausdehnungsunterschiede am Ende zu einem merklichen Längenausdehnungsunterschied bzw. Längenunterschied bei Temperaturerhöhung addieren.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Trägerplattform beträgt der Glasanteil am Faserverbundwerkstoff zwischen 25 und 35 Gew-%.

Vorzugsweise wird dabei der Glasanteil etwas niedriger gewählt als er bei einem vorgegebenen Polyesterharz und damit fest vorgegebenem Längenausdehnungskoeffizient des Polyesterharzes unter Berücksichtigung der Ausführungen zu Figur 17 ein Glasanteil erforderlich wäre, um zu einer exakten Anglei-

chung des Wärmeausdehnungskoeffizienten an das Material Kupfer zu gelangen. Durch den erniedrigten Glasanteil kann eine verbesserte Fließfähigkeit des zu verarbeitenden Kunststoffes erreicht werden, womit filigranere Ausformungen des Formkörpers möglich sind. Insbesondere kann dadurch die Bildung mehrerer eng nebeneinander stehender schmaler Rippen erleichtert werden.

In der Haube 2 sind in einer Variante Öffnungen 8 ausgebildet, die als Imprägnieröffnungen oder als Öffnungen zur Aufnahme von Befestigungselementen oder weiteren Elementen wie z. B. Anschlüsse einer externen Steuervorrichtung vorgesehen sein können. Die Öffnungen zur Befestigung von Bauelementen sind vorzugsweise in zumindest einer Haubenwand oder in einander gegenüber liegenden Seitenwänden der Haube angeordnet. Die Bauelemente können aber auch fest mit der Trägerplattform verbunden sein.

Die Haube 2 weist vorzugsweise durchbohrte Laschen auf, die abgewinkelt sein können. Die Laschen sind mechanisch fest z. B. durch Verschraubung mit dem Formkörper 1 verbunden. Die entsprechende Schnittstelle kann ggf. zusätzlich gas- oder öldicht abgedichtet sein. Die Haube 3 kann ebenfalls in analoger Art und Weise am Formkörper fixiert sein. Alternativ kann zumindest eine der Hauben oder auch beide Hauben abnehmbar sein.

Figur 1B zeigt eine schematische Draufsicht des Moduls gemäß Figur 1A. In einer in der zweiten Haube 3 angeordneten Öffnung ist ein Steueranschluss 7 zur Steuerung einer Schaltvorrichtung 16 gemäß Figur 2 angeordnet. Die Phasen-Stromschienen 41, 42 und 43 ragen aus der hier nicht sichtbaren Trägerplattform beidseitig heraus und weisen erste Außenan-

schlüsse 51, 52, 53 sowie zweite Außenanschlüsse 61, 62, 63 auf. Die Außenanschlüsse der Phasen-Stromschienen sind mit Bohrungen bzw. Öffnungen zur Aufnahme von Befestigungselementen versehen.

In Figuren 1A und 1B sind auch beispielhafte geometrische Abmessungen des Blindleistungs-Kompensationsmoduls zu entnehmen. Gemäß Figur 1A beträgt die Höhe h_1 des durch die Haube 2 umschlossenen Volumens etwa 260 mm. Die Gesamthöhe h der Anordnung beträgt etwa 400 mm. Die Breite b des Moduls beträgt etwa 360 mm und die Tiefe t beträgt etwa 260 mm. Insgesamt ergibt sich ein Volumen von etwa 39 l, das für ein Phasenschiebermodul mit einer elektrischen Blindleistung von 100 kvar benötigt wird.

Figur 1C zeigt eine weitere schematische Seitenansicht des Moduls gemäß Figur 1A. In Vertiefungen 10 der Seitenwand des Formkörpers 1 sind Inserts 18c ausgebildet. Die Inserts 18c sind vorzugsweise Mutterbuchsen, die zur Aufnahme von Befestigungselementen dienen und z. B. mittels Schrauben mit Befestigungswinkeln verbindbar sind.

Die Außenwände des Formkörpers sind vorzugsweise zumindest in Insertbereichen rechtwinklig zur (Längs-) Achse bzw. Basisfläche des Formkörpers ausgebildet, d. h., diese Bereiche weisen keine Ausformschräge auf. Diese Formgebung hat Vorteile beim Anbringen von Befestigungswinkeln.

In Figur 1D ist angedeutet, dass alle Leistungselektronik-Bauelemente des Moduls in einem einzigen vorzugsweise geschlossenen Hohlraum 20 angeordnet sein können.

Die Haube 2 ist auf dem Formkörper 1 vorzugsweise mittels als Schneidschrauben ausgeführter Halteschrauben befestigt. Der Formkörper kann entsprechende, der Befestigung der Haube 2 dienende Befestigungsstellen z. B. in Form von geeigneten Ausformungen aufweisen. Die Befestigungsstellen des Formkörpers können Öffnungen zur Aufnahme von Halteschrauben aufweisen, die vorzugsweise den gebohrten Befestigungsstellen der Haube gegenüberliegen.

Im Formkörper 1 ist ferner eine Vertiefung 18 vorgesehen, in welche die Haube 2 hineinragt. Die Vertiefung 18 ist vorzugsweise als ein umlaufender Schacht (bzw. eine umlaufende Nut) ausgebildet, der für die Aufnahme von einem Klebe- bzw. Dichtmittel, welcher die Schnittstelle Formkörper-Haube abdichtet, geeignet ist. Als Dichtmittel kann auch ein Gummi bzw. ein Gummiring eingesetzt werden, was gegenüber einem Verguss den Vorteil hat, dass die Haube einerseits gut abdichtet ist (d. h. gas- oder öldicht ist) und andererseits abnehmbar bleibt.

Diese Schnittstelle kann als Sollbruchstelle genutzt werden, wobei die Ausknöpfungkraft der oben genannten Haltevorrichtungen der Haube vorzugsweise so gewählt ist, dass die Haube beim Überschreiten eines definierten Überdruck-Grenzwertes abreißt.

Die Funktionseinheit eines Moduls kann z. B. als Phasenschieber oder als Netzfilter ausgelegt sein. In einem Phasenschieber bilden die Leistungskondensatoren vorzugsweise eine Dreieckschaltung, deren Knoten jeweils an eine Phasenstromleitung 41 - 43, vorzugsweise über eine Sicherung 15 bzw. Schaltvorrichtung 16, anschließbar sind, vgl. Figur 2. Die Leistungskondensatoren können alternativ miteinander in Stern geschal-

tet sein, wobei ihre freien Anschlüsse jeweils an eine Phasen-Stromleitung oder an den entsprechenden Schaltungszweig der Funktionseinheit anschließbar sind.

Die Sicherung 15 stellt vorzugsweise eine Kurzschlussicherung dar.

Figur 2 zeigt das Blockschaltbild einer zur Blindleistungskompensation bzw. zur Filterung von Netzüberschwingungen geeigneten Funktionseinheit. Die Kapazitäten C (Leistungskondensatoren) sind miteinander in Dreieck geschaltet, wobei jeder elektrische Knoten der Dreieckschaltung an einen - der entsprechenden Stromphase zugeordneten - Schaltungszweig angeschlossen ist. Die Schaltungszweige weisen jeweils eine Sicherung 15, ein Schaltelement - welches z. B. ein Schaltschütz sein kann - einer dreiphasigen Schaltvorrichtung 16 und eine Drehstromdrossel L auf, wobei die genannten Komponenten im Schaltungszweig hintereinander geschaltet sind. Die Schaltungszweige sind jeweils an eine - im Modul integrierte - Phasen-Stromschiene 41, 42 bzw. 43 angeschlossen. Mit PEN ist ein Nullleiter bezeichnet.

In einer bevorzugten Variante sind parallel zu den Kapazitäten C Entladewiderstände R und Entladeinduktivitäten L' geschaltet. Entweder die Entladewiderstände R oder die Entladeinduktivitäten L' können in einem Leistungskondensator integriert sein.

Die Leistungskondensatoren können in einem Netzfilter als Alternative auch miteinander in Stern geschaltet und an die entsprechenden Schaltungszweige angeschlossen sein.

An die Netzbetreiberseite des Stromnetzes, die in der Figur z. B. links angeordnet ist, wird an die jeweilige Stromleitung zur Überwachung der Phasenverschiebung ϕ zwischen Strom und Spannung eine hier nicht dargestellte Überwachungseinheit angeschlossen, welche beim Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes der Phasenverschiebung die Funktionseinheit eines Blindleistungs-Kompensationsmoduls durch Betätigen der Schaltvorrichtung 16 an das Stromnetz anschließt.

In der Funktionseinheit eines Moduls kann als Alternative zum Schaltschütz eine andere, insbesondere dynamische Schaltvorrichtung, z. B. ein Thyristormodul für eine dynamische Blindleistungskompensation bzw. zur Trennung der Funktionsgruppe vom Netz vorgesehen sein. Es kann anstelle eines Schützschal- ters mit drei Schaltelementen in jedem Schaltungszweig der Funktionseinheit ein vorzugsweise "nackter" Halbleiterschalter in Form eines Thyristors vorgesehen sein.

Die in Figur 2 dargestellten Komponenten (Kapazität und Induktivität) können in einer Variante eines Blindleistungs-Kompensationsmoduls eine Funktionsgruppe mehrerer zusammengesetzter (kompakter) LC-Elemente bilden, siehe Figuren 3 bis 5. Kompakt heißt, dass ein Baustein (LC-Element W1, W2, W3) als ein für sich gehäustes oder vorzugsweise ungehäustes diskretes Bauelement mit elektrischen Kontakten 31, 32 ausgebildet ist. Die LC-Elemente sind im ersten oder zweiten Modulbereich angeordnet und vorzugsweise jeweils mit einer Lastkapazität C_{L1} , C_{L2} , C_{L3} verschaltet. Die Lastkapazitäten C_{L1} , C_{L2} , C_{L3} können als separate Wickelkondensatoren oder ggf. zusammen als ein dreiphasiger Wickelkondensator mit zwei Trennlagen ausgebildet sein. Jede Lastkapazität kann durch mehrere parallel geschaltete Kapazitäten gebildet sein.

Eine Blindleistungs-Kompensationsschaltung kann modularisierte Komponenten aufweisen, die jeweils mehrere Schaltungselemente, vorzugsweise eine Kombination aus einer Kapazität und einer Induktivität, umfassen. Ein solches LC-Element kann durch einen vorzugsweise trocken und ggf. auf einem Kernrohr konzentrisch gewickelten Kondensatorwickel realisiert sein.

Die in Figur 2 dargestellte Dreiecksternschaltung von Kapazitäten C und Induktivitäten L kann prinzipiell durch eine Schaltung von kompakten LC-Elementen ersetzt werden. Einer Stromphase ist vorzugsweise je ein LC-Element zugeordnet.

In Figur 3 ist ausschnittsweise eine Funktionseinheit schematisch gezeigt, die drei elektrisch miteinander verbundene, kompakt ausgebildete LC-Elemente W1, W2, W3 umfasst, welche mit jeweils einer Lastkapazität beschaltet sind. Ein LC-Element weist vorzugsweise einen Magnetkreis auf. Die LC-Elemente sind in einer symmetrischen Grundschaltung mit drei Phasenanschlüssen L1, L2, L3 zusammengeschaltet. Pro Stromphase können auch mehrere, vorzugsweise zueinander parallel geschaltete LC-Elemente mit einer Lastkapazität vorgesehen sein.

In einer vorteilhaften Variante kann ein LC-Element als ein LC-Wickel mit einem UU-Magnetkreis (d. h. mit zwei zusammengefügt U-förmigen Magnetkernen) ausgebildet sein, das mit einer externen kapazitiven Last beschaltet ist. Der LC-Wickel ist dabei vorzugsweise zweiteilig mit zwei in Serie geschalteten LC-Teilwickeln W1a, W1b ausgebildet, siehe Figur 4.

Die externe kapazitive Last stellt vorzugsweise den Leistungskondensator bzw. die Kapazität C des Moduls dar, welcher im ersten Modulbereich angeordnet ist. Das LC-Element ist

vorzugsweise gehäust und ebenfalls im ersten Modulbereich angeordnet. Das LC-Element bzw. der entsprechende LC-Wickel ist in diesem Fall vorzugsweise ölimprägniert und nicht selbstheilend.

Im Formkörper der Trägerplattform können Vertiefungen (Kavernen) zur Aufnahme vom LC-Wickel oder anderen Bauelementen sowie weitere entsprechend geformte Ausformungen bzw. Schächte zur Halterung der U-förmigen Magnetkerne oder anderer Bauelemente des Moduls ausgebildet sein.

Ein LC-Element entspricht vorzugsweise einem einzigen Bauelement, hier mit vier elektrischen Anschlüssen (31, 32, 33, 34). Die elektrischen Anschlüsse 31 und 32 eines ersten LC-Elements W1 sind als Primäranschlüsse (d. h. Systemanschlüsse in Phasenrichtung zum Anschließen des LC-Elements zwischen zwei Stromphasen) vorgesehen. Die elektrischen Anschlüsse 33 und 34 des ersten LC-Elements W1 sind als Sekundäranschlüsse zur Kontaktierung einer Lastkapazität C_{L1} vorgesehen. Analog dazu weist auch ein zweites und ein drittes LC-Element W2, W3 Primäranschlüsse und Sekundäranschlüsse auf.

Die Primäranschlüsse werden mit den Phasenanschlüssen L1, L2, L3 geschaltet. Die Sekundäranschlüsse werden mit einer vorzugsweise externen Lastkapazität C_{L1} , C_{L2} , C_{L3} geschaltet. Die Lastkapazitäten sind vorzugsweise als selbstheilende Kondensatoren ausgebildet.

Bei dem LC-Wickel handelt es sich u. a. um einen spiralförmig aufgewickelten Folienkondensator, wobei der Anfang und das Ende der beiden Kondensatorfolien - Metallfolien B1 und B2 - elektrisch mit vier Anschlusspunkten 31, 33 (am Anfang) und 32', 34' (am Ende) kontaktiert werden.

Die Lastkapazität wird vorzugsweise, wie in Figur 4 gezeigt, am Folienanfang des ersten LC-Teilwickels W1a und am Folienende des zweiten LC-Teilwickels W1b geschaltet. Als Folienende wird hier das nach innen gewandte Ende der Metallfolie B1 bzw. B1' (oder B2 bzw. B2') bezeichnet. Als Folienanfang wird das nach außen gewandte Ende der Metallfolie bezeichnet. Analog ist ein erster Primäranschluss 31 am Anfang der Metallfolie B2 und ein zweiter Primäranschluss 32 am Ende der Metallfolie B2 geschaltet.

Durch geeignete Wahl des L/C-Verhältnisses kann durch die Verschaltung des LC-Elements W1 mit der Lastkapazität C_{L1} eine Resonanzfrequenz von z. B. 250 Hz eingestellt werden.

In einer vorteilhaften Variante kann ein LC-Element auf einem Magnetkern, z. B. aus Magneteisen, aufgebaut sein, siehe Figur 4.

Ein in Figur 4 schematisch dargestelltes LC-Element W1 ist durch eine Reihenschaltung aus zwei LC-Teilwickeln W1a, W1b gebildet.

Der erste LC-Teilwickel W1a umfasst zwei durch eine dielektrische Folie 93 elektrisch voneinander isolierte elektrisch leitende Folien - Metallfolien B1 und B2. Jede Folie besteht in diesem Beispiel aus einer dreischichtigen Metallfolie, vorzugsweise Al-Folie. Die dielektrischen Folien 93 sind hier zweischichtig ausgebildet.

Der Schichtverbund von alternierend angeordneten dielektrischen Folien 93 und Metallfolien B1 bzw. B2 ist spiralförmig um ein Kernrohr 92 gewickelt. Dieser Schichtverbund kann nach

außen und/oder nach innen, zum Kernrohr hin zusätzlich eine elektrisch isolierende Schicht 94 aufweisen.

Das Kernrohr 92 ist vorzugsweise formschlüssig auf einem magnetischen Kern angeordnet. In diesem Beispiel ist das Kernrohr 92 des ersten LC-Teilwickels W1a um einen ersten Schenkel eines (zweifach geschlitzten) Ringkerns angeordnet, wobei der Ringkern durch zwei U-Kerne 91, 91' und dazwischen angeordnete magnetische Einsätze 98 gebildet ist. Ein derart gebildeter Ringkern wird auch als UU-Kern bezeichnet.

Der zweite LC-Teilwickel W1b ist im Wesentlichen wie der erste LC-Wickel W1a aufgebaut und um einen zweiten, dem ersten gegenüberliegenden Schenkel des Ringkerns (UU-Kerns) angeordnet.

Der Einsatz 98 ist im Inneren des Kernrohrs 92 angeordnet. Der Einsatz 98 und der UU-Kern weisen jeweils eine unterschiedliche magnetische Permeabilität auf.

Alle Schichten eines LC-Wickels, insbesondere die Metallfolien B1, B2, die dielektrischen Folien 93 und die isolierenden Schichten 94 können grundsätzlich jeweils aus einer Schicht oder mehreren Teilschichten bestehen. Z. B. in Figur 4 ist die isolierende Schicht 94 und die dielektrische Folie 93 zweischichtig ausgebildet.

Alle Windungen der ersten Metallfolie B1 des LC-Teilwickels W1a sind an einen internen Anschluss 32' angeschlossen, der auf einer ersten Stirnseite des LC-Teilwickels W1a angeordnet ist. Alle Windungen der zweiten Metallfolie B2 dieses LC-Teilwickels sind an einen internen Anschluss 34' angeschlossen, der auf einer zweiten Stirnseite des LC-Teilwickels W1a

angeordnet ist. Analog ist aus einer Stirnseite die erste Metallfolie B1' des zweiten LC-Teilwickels W1b an einen internen Anschluss 33' und auf der gegenüberliegenden Stirnseite seine zweite Metallfolie B2' an einen internen Anschluss 31' angeschlossen.

Auf einer Seite des Bauelements sind die internen Anschlüsse 32' und 33' der beiden LC-Teilwickel W1a, W1b mittels einer elektrischen Verbindung 96 miteinander geschaltet. Auf der anderen Seite des Bauelements sind die internen Anschlüsse 31' und 34' der beiden LC-Teilwickel W1a, W1b mittels einer elektrischen Verbindung 97 miteinander geschaltet.

Daher ist die erste Metallfolie B1 des ersten LC-Teilwickels W1a elektrisch in Serie mit der ersten Metallfolie B1' des zweiten LC-Teilwickels W1b geschaltet. Die zweite Metallfolie B2 des ersten LC-Teilwickels W1a ist entsprechend elektrisch in Serie mit der zweiten Metallfolie B2' des zweiten LC-Teilwickels W1b geschaltet.

Die Beschaltung der einzelnen LC-Teilwickel W1a, W1b in einem LC-Element W1 ist schematisch in Figur 5 gezeigt. Drei gemäß Figur 5 ausgebildete LC-Elemente können eine Sternschaltung bilden.

In Figur 4 ist angedeutet, dass das LC-Element W1 als ein gehäustes Bauelement mit einem Gehäuse 95 ausgebildet sein kann. Das Gehäuse 95 kann z. B. in Form eines Aluminiumbeckens mit einem Deckel, der die externen Anschlüsse 31 bis 34 aufweist, bereitgestellt werden.

Ein LC-Element kann im Prinzip aus einem einzigen, als ein kompaktes Bauelement ausgebildeten LC-Wickel bestehen. Der

magnetische Kern kann axial ausgebildet sein.

Das Wirkprinzip eines LC-Wickels, wobei ein Kondensatorwickel gleichzeitig als Drosselspule wirkt, besteht darin, einen Kondensatorwickel so um einen magnetischen Kern, beispielsweise einem Eisenkern zu wickeln, dass der Kondensatorwickel gleichzeitig eine ausreichend hohe Induktivität darstellt. Die Induktivität wird dadurch erreicht, dass der Strom durch sämtliche Windungen des Kondensatorwickels fließen muss, dabei mehrmals um den Eisenkern herumfließt, womit gleichzeitig die Windungen einer Drosselspule gebildet werden. Der in Figur 4 dargestellte Aufbau zeichnet sich durch geringes Gewicht und niedrige Kosten aus.

In Figur 6 ist im schematischen Querschnitt senkrecht zu den Achsen der Phasen-Stromleitungen 41-43 ein beispielhaftes Blindleistungs-Kompensationsmodul gezeigt, bei dem zwischen einer ersten Haube 2 und dem Formkörper 1 ein erster Hohlraum bzw. ein erster Modulbereich 1-1 gebildet ist, in dem die erste Funktionsgruppe angeordnet ist, welche aus Leistungskondensatoren besteht oder diese umfasst. Zwischen einer zweiten Haube 3 und dem Formkörper 1 ist ein zweiter Hohlraum bzw. ein zweiter Modulbereich 1-2 gebildet, in dem die zweite Funktionsgruppe angeordnet ist, welche Sicherungen 15 und eine Schaltvorrichtung 16 mit einem vorzugsweise mehrpoligen Steueranschluss 7 umfasst. Die gegenüber liegenden Seiten des Formkörpers 1 (in Figur 6 die Oberseite und die Unterseite) weisen jeweils eine Vertiefung zur Aufnahme von Bauelementen auf.

Die Durchführung 13 ist auf einer Seite mittels einer Stromschiene 14 mit der ersten Funktionsgruppe verbunden. Auf der anderen Seite ist die Durchführung 13 elektrisch mit der

zweiten Funktionsgruppe verbunden. Die beiden Funktionsgruppen sind also mittels einer elektrischen Durchführung 13 elektrisch miteinander verbunden. Die Durchführung 13 ist dabei vorzugsweise größtenteils im Formkörper 1 der Trägerplattform verborgen. Die elektrische Durchführung 13 ist hier der dritten Stromphase zugeordnet. Vorzugsweise ist für jede Stromphase eine eigene elektrische Durchführung 13 vorgesehen.

Die eigene elektrische Durchführung 13 kann insbesondere eine elektrische Verbindung zwischen einem auch als ersten Modulbereich bezeichneten, vorzugsweise hermetisch dicht geschlossenen und daher schwer zugänglichen Kondensatorbereich und einem mit einer abnehmbaren Haube versehenen und daher leicht zugänglichen zweiten Modulbereich bereitstellen, der den Schaltgeräten zugeordnet ist.

Elektrische Durchführungen, Teile der Stromleitungen sowie weitere ggf. im Formkörper integrierte Komponenten aus Metall können grundsätzlich auch steckbar sein. Eine als Steckelement verfügbare Komponente des Moduls kann auch mehrteilig ausgebildet sein und z. B. federnde Elemente wie Kontaktfeder umfassen.

Bauelemente, d. h. Sicherungen 15, Kondensatoren C und Schaltelemente sind elektrisch miteinander über Zuleitungen verbunden. Eine erste Zuleitung umfasst eine Stromschiene 11a, 11b, 11c oder 14 und vertikale Kontaktelemente 12', 12''.

Eine zweite Zuleitung umfasst eine Stromschiene 11 und ein vertikales Kontaktelement 36 und dient zur elektrischen Ver-

bindung der dritten Phasen-Stromleitung 43 mit der Sicherung 15.

Ein beispielhafter Aufbau einer Zuleitung ist in Figur 7 in perspektivischer Darstellung gezeigt.

Die in der Figur 6 sichtbare Sicherung 15 ist mittels vertikaler Kontaktelemente 12, 12' einerseits an die Stromschiene 11 und andererseits an die Stromschiene 11b angeschlossen. Die Stromschiene 11b ist ferner mittels eines vertikalen Kontaktelements 12'' an ein Schaltelement der Schaltvorrichtung 16 angeschlossen. Das entsprechende Schaltelement der Schaltvorrichtung 16 ist mit seinem anderen Kontakt an die elektrische Durchführung 13 angeschlossen.

Die Stromschienen 11a, 11c der ersten Zuleitungen sind an weitere, der ersten und der zweiten Stromphase zugeordnete, in dieser Figur nicht sichtbare Sicherungen und an, in dieser Figur nicht sichtbare weitere Schaltelemente der Schaltvorrichtung 16 angeschlossen, wobei die weiteren Schaltelemente elektrisch mit dem entsprechenden Leistungskondensator oder mit der entsprechenden Wicklung eines dreiphasigen Leistungskondensators verbunden sind.

Zuleitungen, insbesondere die Stromschienen 11 und 11a - 11c, können komplett im Formkörper 1 verborgen sein. Die Stromschiene 14 liegt in dieser Variante im ersten Hohlraum frei.

In der Trägerplattform sind bei mehr- bzw. dreiphasigen Anwendungen vorzugsweise mehrere, in der Figur 8 drei Metalisierungsebenen ME1, ME2 und ME3 (= Ebenen für die elektrischen Leitungen) vorgesehen, die als Verdrahtungsebenen zur drahtfreien Verschaltung von Bauelementen miteinander oder

mit Phasen-Stromschienen dienen. Zwei Metallisierungsebenen sind durch eine dielektrische Schicht aus Faserverbundwerkstoff voneinander getrennt.

Es wird darüber hinaus eine Blindstrom-Kompensationseinheit angegeben, bei der mehrere elektrische Bauelemente, beispielsweise Kondensatoren oder aber auch Sicherungen, Schaltschütze bzw. Thyristoren und gegebenenfalls auch Sicherheitseinrichtungen integriert sind. Die wenigstens einige der elektrischen Bauelemente sind drahtfrei miteinander verschaltet. Eine solche drahtfreie Verschaltung gelingt beispielsweise mit einer der hier angegebenen Trägerplattformen, in der fest eingebaute Stromschienen vorgesehen sind. Die drahtfreie Verschaltung von elektrischen Bauelementen hat den Vorteil, dass der Montageaufwand für die Herstellung der Vorrichtung bzw. des Strom-Kompensationsmoduls verringert werden kann, womit Herstellungskosten gesenkt werden können.

Je nach Anwendung kann die Haube z. B. durch Klebung oder Verguss dicht mit dem Formkörper abschließen oder als ein abnehmbares Teil ausgeführt sein. Eine abnehmbare Haube hat den Vorteil, dass die darunter angeordneten Bauteile bei Ausfall leicht austauschbar sind.

In Figur 6 ragt die erste Haube 2 in die Vertiefung des Formkörpers 1 hinein und ist dort durch einen Verguss befestigt. Eine dauerhafte Dichtklebung bzw. Abdichtung zwischen der Haube, insbesondere einem Metalldeckel und dem Formkörper kann durch die Anpassung ihrer thermischen Ausdehnungskoeffizienten erreicht werden. Der Ausdehnungskoeffizient des Vergusses ist vorzugsweise auch angepasst. Die Anpassung der Ausdehnungskoeffizienten bedeutet, dass ihre relative Abwei-

chung einen bestimmten, durch die Anwendung festgelegten Wert nicht übersteigt.

Die zweite Haube 3 ist auf den Absatz des Formkörpers 1 aufgesetzt und ist grundsätzlich abnehmbar. Prinzipiell ist es möglich, auch die zweite Haube dicht mit dem Formkörper abzuschließen.

Auch die erste Haube 2 kann abnehmbar ausgeführt sein, falls die Austauschbarkeit der Kondensatoren gewünscht ist. In diesem Fall kann ein Kondensatorwickel z. B. mit Steckkontakten ausgestattet sein.

In Figur 7 sind Zuleitungen als Kontaktleisten ausgebildet, wobei vertikale Kontaktelemente 12', 12'' an den Stromschienen 11a, 11b und 11c vorzugsweise durch Schweißen befestigt sind. Die vertikalen Kontaktelemente 12', 12'' stellen Hohlzylinder dar, wobei ein Hohlzylinder vorzugsweise ein Innengewinde aufweist. Die vertikalen Kontaktelemente können aus Messing bestehen.

Das vertikale Kontaktelement 12' einer bestimmten Zuleitung ist gemäß Figuren 6, 9 einem ersten Einbauplatz zugeordnet, welcher für die Sicherung 15 vorgesehen ist. Das vertikale Kontaktelement 12'' ist einem zweiten Einbauplatz zugeordnet, welcher für das entsprechende Schaltelement der Schaltvorrichtung 16 vorgesehen ist.

In Figur 7 ist angedeutet, dass die Stromschienen 11a, 11b und 11c unterschiedlicher erster Zuleitungen in verschiedenen Metallisierungsebenen angeordnet sein können. Dabei weisen die vertikalen Kontaktelemente 12'' unterschiedlicher Zuleitungen verschiedene Höhen auf und sind so ausgerichtet, dass

sie bis auf ihre Oberseite vollständig im Formkörper 1 der Trägerplattform eingeschlossen sind. Möglich ist es auch, dass die vertikalen Kontaktelemente teilweise aus der Plattform hinausragen und z. B. weitere Montageeinrichtungen tragen.

Eine jede der parallel verlaufenden ersten Zuleitungen bildet eine eigene Kontaktleiste. Die Stromschienen verschiedener Kontaktleisten sind vorzugsweise in verschiedenen Metallisierungsebene angeordnet und beispielsweise einer bestimmten Stromphase zugeordnet. Eine Anordnung verschiedener Zuleitungen in parallelen Ebenen gestattet eine kompakte Verschaltung im Modul, wobei insbesondere die den verschiedenen Stromphasen zugeordneten Zuleitungen übereinander geführt werden und sich in der senkrechten Projektion sogar kreuzen können, wobei durch die dazwischenliegende dielektrische Schicht eine Kurzschlussgefahr ausgeschlossen ist.

Eine Stromschiene kann Verzweigungen und dabei mehr als nur zwei Innenanschlüsse bzw. vertikale Kontaktelemente aufweisen. Die Stromschiene einer Zuleitung kann auch z. B. mit der Stromschiene einer weiteren Zuleitung oder einer Phasen-Stromschiene verschweißt sein.

Figur 9 zeigt einen schematischen Querschnitt des Moduls gemäß der Figur 6 in einer Ebene, die parallel zur Richtung der Phasen-Stromschienen 41 - 43 verläuft, und senkrecht zur Ebene, in der die Achsen der Phasen-Stromschienen liegen. In dieser Variante sind pro Stromphase zwei Sicherungen 15 vorgesehen, die an dieselbe Metallisierungsebene angeschlossen sind.

Figur 10 zeigt einen schematischen Querschnitt des Moduls gemäß der Figur 6 in einer Ebene, die parallel zur Ebene verläuft, in der die Achsen der Phasen-Stromschienen liegen.

Figur 10 zeigt darüber hinaus Trennstege 100, die in die Trägerplattform integriert sind und vorzugsweise einstückig aus dem Faserverbundwerkstoff des Formkörpers geformt sind. Diese Trennstege 100 verlaufen parallel zueinander und verlängern jeweils die Kriechstrecke zwischen zwei Anschlüssen, die zu verschiedenen Schützschaltern 16 gehören.

Figur 11A zeigt ein weiteres Modul im schematischen Querschnitt senkrecht zu den Achsen der Phasen-Stromschienen. Figur 11B zeigt dieses Modul im schematischen Querschnitt parallel zu den Achsen der Phasen-Stromschienen. Hier sind in einem ersten Modulbereich mehrere (insgesamt zwölf) Kondensatorwickel angeordnet, welche zu einem Kondensator-Wickelpaket zusammengefasst sind und hier die erste Funktionsgruppe des Moduls bilden. Das Kondensator-Wickelpaket ist in dieser Variante von der vorzugsweise metallischen Haube 2 derart isoliert, dass ein zwischen dem Kondensator-Wickelpaket, der Trägerplattform und der ersten Haube 2 gebildete Zwischenraum z. B. mit einer Molekularsieb-Granulatfüllung gefüllt ist. Diese Füllung sorgt für eine gute thermische Ankoppelung des Kondensator-Wickelpakets an die Haube bzw. zur Abführung der im Betrieb entstehenden Wärme. Diese Füllung dient außerdem als Feuchte- und Lärmschutz. Auch weitere geeignete Füllstoffe, insbesondere Vergussmassen bzw. Harze oder Granulate können als Füllung verwendet werden. Die Granulatfüllung ist in Figur 11A durch eine Schraffur dargestellt.

Zur Abführung der Wärme können zusätzlich an die Kondensatorwickel angeschlossene Blechteile eingesetzt werden.

In einander gegenüber liegenden Außenwänden des Formkörpers 1 sind je zwei Inserts 18c eingebettet.

Im ersten Modulbereich ist ein Temperaturfühler 81 und zur Überwachung des Innendrucks ein Überdrucksensor 82 angeordnet. Der Überdrucksensor 82 bzw. ein Überdruckschalter ist vorzugsweise im Bereich der Haube 2 angeordnet.

Der Überdruck im ersten Modulbereich baut sich infolge selbstheilender Durchschläge oder bei Überlastung durch nichtselbstheilende Durchschläge auf und führt zur entsprechenden Ausbeulung der ersten Haube 2. Der Überdrucksensor ist an eine externe Steuereinheit angeschlossen, die bei Überdruck im ersten Modulbereich z. B. über den Steueranschluss 7 gemäß Figur 9 an die Schaltvorrichtung 16 ein Signal zum Abschalten der Funktionseinheit herausgibt. Der Temperaturfühler 81 ist einer Schalteinheit, z. B. Temperaturschalteinheit zugeordnet, welche bei thermischer Überlastung für Trennung der Funktionseinheit des Moduls vom Netz sorgt beispielsweise ebenfalls mittels der Schaltvorrichtung 16.

Das Modul kann zudem beispielsweise eine Überdruck-Abreißsicherung enthalten, welche die Ausbeulung der Haube 2, d. h. den Überdruck im ersten Modulbereich, beim Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes des Innendrucks z. B. mittels einer Membran oder eines Stahlseils zur Auslösung eines Abreißmechanismus umsetzt. Die Überdruck-Abreißsicherung ist vorzugsweise in einer an den Kondensator angeschlossenen elektrischen Zu- oder Ableitung angeordnet.

Die Schaltvorrichtung 16 ist mit der Durchführung 13 mittels einer Zuleitung 86 verbunden.

Der Schnitt A'-A' des in Figur 11A vorgestellten Moduls ist in Figur 11B gezeigt. Zur Abführung der Wärme von Kondensatorwickeln können Kühlbleche vorgesehen sein. Es ist ein Konstruktionsraum 77a für ein kompaktes, vorzugsweise ölimprägniertes LC-Glied mit Lastkapazität vorgesehen. Daher ist der Konstruktionsraum vorzugsweise öldicht abgeschlossen.

Ein beispielhafter Aufbau der Durchführung 13 ist in Figur 13A gezeigt.

Figur 12A zeigt den Aufbau von Innenanschlüssen der Phasen-Stromschienen 41, 42, 43. Eine Stromschiene 1a ist an ihrem einen Ende mit der Phasen-Stromschiene 41 verschweißt. An ihrem gegenüberliegenden Ende ist die Stromschiene 1a mit einem vertikalen Kontaktelement 1b verschweißt. In gleicher Weise sind die Phasen-Stromschienen 42 und 43 mit Stromschienen 2a bzw. 3a verschweißt. Die Stromschienen 2a und 3a weisen jeweils ein vertikales Kontaktelement 2b bzw. 3b auf.

Die Stromschienen 1a, 2a, 3a verlaufen in einer Projektionsebene quer zu den Phasen-Stromschienen 41 bis 43. Dabei sind die Stromschienen 1a, 2a und 3a - wie in Figur 12B angedeutet - so ausgebildet, dass sie teilweise (insbesondere in den Kreuzungsbereichen) in einer anderen Metallisierungsebene als die Phasen-Stromschienen verlaufen und die anderen Phasen-Stromschienen nicht berühren. Die Stromschienen 1a bis 3a können z. B. einen Abstandhalter 101 bzw. Sockel aufweisen, der auf der entsprechenden Phasen-Stromschiene angeordnet und fest mit dieser oder mit der Stromschiene 1a, 2a, 3a verbunden ist.

Die vertikalen Kontaktelemente 1b bis 3b weisen vorzugsweise unterschiedliche Höhen auf, wobei jedes vertikale Kontaktelement 1b, 2b bzw. 3b den Anschluss zu einer eigenen, der Stromphase entsprechenden Metallisierungsebene gewährleistet. Die vertikalen Kontaktelemente 1b bis 3b können aber auch die gleiche Höhe haben und dabei z. B. jeweils einen von der Oberfläche des Formkörpers her zugänglichen, vorzugsweise auch zur Montage von Bauelementen geeigneten Kontaktbereich aufweisen. Diese vertikalen Kontaktelemente können beispielsweise Innenanschlüsse der Trägerplattform zum Anschließen eines Bauelements, vorzugsweise einer Sicherung 15, bilden.

Die Ausführung von Phasen-Stromschienen ist ohne weiteres auf andere, z. B. als Zuleitungen vorgesehene Stromschienen übertragbar.

In Figur 13A ist die Durchführung 13 gezeigt, die teilweise im Formkörper 1 der Trägerplattform eingebettet ist. Die Durchführung 13 weist einen Stecker 83a und eine im Formkörper 1 der Trägerplattform eingebettete Buchse 84 auf. Auf dem Stecker 83a ist eine Buchse 83b angebracht, an welche die als Zuleitung zu den Kondensatoren bzw. zum ersten Modulbereich dienende Stromschiene 14 angeschlossen ist. Die Buchse 83b ist vorzugsweise ein runder Steckkontakt, der einen nachträglichen Austausch bzw. Reparatur von Kondensatorwickeln ermöglicht.

Die Buchse 84 der Durchführung 13 ist mittels eines eingeschraubten Gewindebolzens 85 mit der im zweiten Modulbereich angeordneten, an die Schaltvorrichtung 16 angeschlossenen Zuleitung 86 elektrisch und mechanisch fest verbunden.

Figur 13B zeigt, wie die erste Phasen-Stromschiene 41 mittels einer Schraube 44 mit der Stromschiene 11 verbunden sein kann. Im Formkörper 1 ist eine Ausnehmung 49 zur direkten Kontaktierung der Phasen-Stromschiene 41 vorgesehen.

Figur 14 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Phasenschieber-Einrichtung, die modular aufgebaut ist. Vorgesehen ist ein Schaltschrank 150, der beispielsweise aus Metall bestehen kann und der genügend Platz für mehrere einzelne Phasenschieber-Module 110, 111 bietet. Die benötigte Anzahl von Phasenschieber-Modulen 110, 111, welche sich im Wesentlichen aus der zu verarbeitenden elektrischen Blindleistung ergibt, werden übereinander angeordnet und mittels Befestigungselementen 141 an Montageschienen 132, 131 befestigt. Die Befestigungselemente 141 können vorzugsweise in den im Gehäuse der einzelnen Phasenschieber-Module angeordneten Inserts befestigt werden. Die Befestigung erfolgt vorzugsweise mittels Schraubverbindungen..

Die einzelnen Phasenschieber-Module 110, 111 sind auch untereinander mittels Kontaktelementen 120 verbunden. Die Kontaktelemente 120 verbinden dabei insbesondere die Phasen-Stromschienen 41, 42, 43 miteinander. Insbesondere ist es vorteilhaft, die Kontaktelemente 120 für eine Schraubverbindung mit den Phasen-Stromschienen vorzusehen.

Die Figuren 15 und 16 zeigen ein Sicherheitskonzept in einer schematischen Darstellung. Der Formkörper 1 einer Trägerplattform ist auf der Oberseite mittels der Haube 2 (nur schematisch und gestrichelt dargestellt) abgedichtet. Auf der Oberseite, im hermetisch dichten Teil der Anordnung ist ein Kondensator C angeordnet. Vorzugsweise wird eine Leckrate von $4 \text{ bis } 6 \times 10^{-6} \text{ mbar} \times \text{Liter/Sekunde}$ erreicht.

Es handelt sich dabei beispielsweise um einen Hochleistungs-kondensator. Der Kondensator umfasst einen Kondensatorwickel 170, der auf das Äußere eines Kernrohres 160 aufgewickelt ist. Das Kernrohr ist innen hohl und bietet Platz für einen Temperaturfühler 81. Der Temperaturfühler 81 befindet sich hier in etwa im Zentrum des Kondensators, das ist auch die Stelle, wo die Temperatur des Kondensators bei Stromfluss am größten ist. Dieses Gebiet wird auch "Hot-Spot" genannt. Durch die Anordnung des Temperaturfühlers 81 in der Nähe des Hot-Spots kann für eine äußerst schnelle Auslösung des Sicherungsmechanismus bei Übersteigen einer bestimmten Temperatur gesorgt werden. Die entstandene Wärme muss dann nämlich nicht noch zeitverzögernde Wege zurücklegen, um von der Wärmequelle zum Temperaturfühler 81 zu gelangen.

Der Temperaturfühler 81 ist mittels einer Leitung 180 gekoppelt mit einer Schaltvorrichtung 16, die hier nur für eine beispielhafte Phase P vorgesehen ist und die die Phase P mit dem Kondensator verbindet. Im Wesentlichen besteht die Schaltvorrichtung 16 aus einem Trennschalter, der bei entsprechender Schaltvorrichtung den Kondensator C von der Phase P und damit vom Netz trennt. Bei Auslösen des Temperaturfühlers 81 übermittelt dieser über die Leitung 180 ein Signal an die Schaltvorrichtung 16, um den Kondensator im Fehlerfall abzuschalten.

Es ist darüber hinaus auf der Unterseite des Formkörpers, also im nicht notwendigerweise hermetisch dichten Teil der Vorrichtung ein Überdrucksensor angebracht. Der Überdrucksensor 82 kann jedoch auch an jeder anderen geeigneten Stelle, insbesondere im Innern des oberen Volumens der Anordnung oder auch in der Haube 2 angeordnet sein.

Die Kopplung des Überdrucksensors 82 geschieht mittels eines Inserts 190, welches von Kunststoffmaterial bzw. von Verbundmaterial umpresst ist und damit gegen das Kunststoffmaterial abgedichtet ist. Des weiteren umfasst der Überdrucksensor 82 einen Druckfühler 210, welcher in das Insert eingeschoben ist und mittels einer Dichtung 200 abgedichtet ist. Die Gesamtheit Formkörper 1, Insert 190, Druckfühler 210 und Dichtung 200 dichtet also den oberen Teil der Anordnung vom unteren Teil, d.h. von der Unterseite der Plattform ab.

Der Überdrucksensor 82 ist ebenfalls mittels einer Leitung 180 mit der Schaltvorrichtung 16 gekoppelt und kann somit für ein Abschalten des Kondensators von der Phase P bei Anstehen eines Überdrucks sorgen.

Gegebenenfalls kann noch eine Sicherung 15 in Reihe zur Schaltvorrichtung 16 geschaltet sein.

Die beschriebenen Vorrichtungen wurden nur aufgrund von wenigen Ausführungsbeispielen dargestellt, sind aber auf diese nicht beschränkt.

Alle Aspekte und Merkmale der Vorrichtungen können beliebig miteinander sowie mit anderen an sich bekannten Maßnahmen, z. B. zur Befestigung der Komponenten oder zur Ausgestaltung von Durchführungs- und Kontaktelementen, kombiniert werden. Die Anzahl der genannten Komponenten und der separat auszubildenden Modulbereiche kann variieren.

Bezugszeichenliste

| | |
|---------------|---|
| 1 | Formkörper |
| 1a | Stromschiene |
| 1b | vertikales Kontaktelement |
| 2 | erste Haube |
| 2a | Stromschiene |
| 2b | vertikales Kontaktelement |
| 3 | zweite Haube |
| 3a | Stromschiene |
| 3b | vertikales Kontaktelement |
| 7 | (mehrpoliger) Schützsteueranschluss |
| 8 | Öffnung |
| 10 | Vertiefung |
| 11 | Stromschiene |
| 11a, 11b, 11c | Stromschiene |
| 12, 12', 12'' | vertikales Kontaktelement |
| 13 | elektrische Durchführung |
| 14 | Stromschiene |
| 15 | Sicherung |
| 16 | Schaltvorrichtung (Schützscharter) |
| 18 | Vertiefung im Formkörper |
| 18c | Befestigungselement (Insert) |
| 20 | Hohlraum |
| 21 | Befestigungslasche |
| 22 | Bohrung in der Befestigungslasche 21 |
| 31, 32 | Primäranschlüsse eines LC-Elements W1 |
| 33, 34 | Sekundäranschlüsse eines LC-Elements W1 |
| 31', 33' | interne Anschlüsse eines LC-Teilwickels (W1b) zum Anschließen eines weiteren LC-Teilwickels (W1a) |

| | |
|-----------|---|
| 32', 34' | interne Anschlüsse eines LC-Teilwickels (W1a) zum Anschließen eines weiteren LC-Teilwickels (W1b) |
| 41 | erste Phasen-Stromschiene |
| 42 | zweite Phasen-Stromschiene |
| 43 | dritte Phasen-Stromschiene |
| 44 | Schraube |
| 49 | Ausnehmung in der Trägerplattform |
| 51 | Außenanschluss der ersten Phasen-Stromschiene |
| 52 | Außenanschluss der zweiten Phasen-Stromschiene |
| 53 | Außenanschluss der dritten Phasen-Stromschiene |
| 61 | Außenanschluss der ersten Phasen-Stromschiene |
| 62 | Außenanschluss der zweiten Phasen-Stromschiene |
| 63 | Außenanschluss der dritten Phasen-Stromschiene |
| 77a | Konstruktionsraum für eine Induktivität |
| 81 | Temperaturfühler |
| 82 | Überdrucksensor |
| 83a | Stecker |
| 83b | Buchse |
| 84 | Buchse |
| 85 | Gewindebolzen |
| 86 | Zuleitung |
| 91, 91' | U-Kern |
| 91a, 91a' | Stirnfläche des Kernschenkels |
| 92 | Kernhülse |
| 93 | Dielektrische Folie |
| 94 | Isolierende Schicht |
| 95 | Gehäuse eines kompakten LC-Elements W1 |
| 96 | elektrische Verbindung zwischen B1 und B1' |
| 97 | elektrische Verbindung zwischen B2 und B2' |
| 98 | Einsatz aus magnetischem Material |
| 100 | Trennsteg |
| 101 | Abstandhalter |

| | |
|--------------------------------|--|
| 110, 111 | Phasenschieber-Modul |
| 120 | Kontaktelement |
| 131, 132 | Montageschiene |
| 141 | Befestigungselement |
| 150 | Schaltschrank |
| 160 | Kernrohr |
| 170 | Kondensatorwickel |
| 180 | Leitung |
| 190 | Insert |
| 200 | Dichtung |
| 210 | Druckfühler |
| B1 | erste Metallfolie |
| B2 | zweite Metallfolie |
| C | Kapazität |
| C_{L1} , C_{L2} , C_{L3} | Lastkapazität |
| L | Induktivität |
| L' | Entladeinduktivität |
| R | Entladewiderstand |
| $L1$, $L2$, $L3$ | Anschlüsse der Stromphasen im Dreiphasensystem |
| $W1$, $W2$, $W3$ | LC-Element |
| $W1a$ | erster LC-Teilwickel |
| $W1b$ | zweiter LC-Teilwickel |
| PEN | Nullleiter |
| ME1 | erste Metalllage |
| ME2 | zweite Metalllage |
| ME3 | dritte Metalllage |
| h , $h1$ | Höhe |
| b | Breite |
| t | Tiefe |
| P | Phase |
| A | erste Harzzusammensetzung |
| B | zweite Harzzusammensetzung |
| G | Glasanteil |

α Ausdehnungskoeffizient

Patentansprüche

1. Trägerplattform zur Montage von elektrischen Bauelementen, umfassend:

- einen Formkörper (1), der einen Faserverbundwerkstoff enthält, mit einem Anteil von Armierungsglasfasern,
- wobei im Formkörper (1) wenigstens eine Stromschiene (11a, 11b, 11c) angeordnet ist,
- wobei jede Stromschiene über ihr zugeordnete Kontaktelemente kontaktierbar ist.

2. Trägerplattform nach Anspruch 1, wobei die Stromschiene (11a, 11b, 11c) zumindest teilweise im Formkörper (1) eingebettet ist.

3. Trägerplattform nach Anspruch 1, wobei die Kontaktelemente Bestandteile der Stromschienen (11a, 11b, 11c) sind und jeweils einen freiliegenden Kontaktbereich aufweisen.

4. Trägerplattform nach Anspruch 3, wobei zumindest eine Stromschiene (11a, 11b, 11c) formschlüssig im Formkörper (1) eingebettet ist.

5. Trägerplattform nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die relative Abweichung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Formkörper und Stromschiene 30 % nicht überschreitet.

6. Trägerplattform nach Anspruch 5, wobei ein Kontaktelement (12, 12') senkrecht zur Stromschiene (11a, 11b, 11c) steht.

7. Trägerplattform nach Anspruch 6,
wobei ein Kontaktelement (12, 12') formschlüssig im Formkörper (1) eingebettet ist.

8. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
wobei ein Kontaktbereich einer Stromschiene (11a, 11b, 11c) als Außenanschluss ausgebildet ist.

9. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
wobei zumindest ein Kontaktelement als Innenanschluss zum Anschließen eines elektrischen Bauelements ausgebildet ist.

10. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei der Formkörper (1) zur Bildung eines Gehäuses mit einer Haube (2, 3) verbunden ist.

11. Trägerplattform nach Anspruch 10,
mit elektrischen Bauelementen, wobei zumindest ein Teil der elektrischen Bauelemente an der Haube (2) befestigt ist.

12. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
wobei Stromschienen (11a, 11b, 11c) im Faserverbundwerkstoff eingegossen oder durch den Faserverbundwerkstoff umpresst sind.

13. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
wobei die Kontaktelemente (12, 12') zumindest teilweise im Faserverbundwerkstoff eingegossen oder durch den Faserverbundwerkstoff umpresst sind.

14. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
wobei der Formkörper (1) zwei mechanisch fest miteinander verbundene Teile aufweist, wobei in mindestens einem der Teil-

le nach innen gewandte Vertiefungen zur Aufnahme der Stromschienen (11a, 11b, 11c) ausgebildet sind, wobei die beiden Teile der Trägerplattform mechanisch fest mit den Stromschienen verbunden sind.

15. Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei zumindest eine Stromschiene als Phasen-Stromschiene (41, 42, 43) ausgebildet ist, welche Außenanschlüsse (51, 52, 53, 61, 62, 63) zum Anschließen an ein Netz mit wenigstens einer Stromphase aufweist, wobei die Anzahl von Phasen-Stromschienen (41, 42, 43) der Anzahl der Stromphasen entspricht.

16. Modul zum Anschließen an ein zumindest einphasiges Netz, - mit einem Gehäuse, das eine Trägerplattform nach einem der Ansprüche 1 bis 15 und mindestens eine fest mit dem Formkörper (1) verbundene Haube (2, 3) aufweist, - enthaltend eine Funktionseinheit, die pro Stromphase mindestens eine Kapazität (C) enthält.

17. Modul nach Anspruch 16, mit einem ersten Modulbereich, der zwischen dem Formkörper (1) und einer ersten Haube (2) gebildet ist, mit einem zweiten Modulbereich, der zwischen dem Formkörper (1) und einer zweiten Haube (3) gebildet ist, wobei eine erste, zumindest Kapazitäten umfassende Funktionsgruppe im ersten Modulbereich angeordnet ist, wobei eine zweite, zumindest Sicherungen (15) umfassende Funktionsgruppe im zweiten Modulbereich angeordnet ist.

18. Modul nach einem der Ansprüche 16 bis 17, bei dem als weitere Bauelemente Induktivitäten (L) vorgesehen sind.

19. Modul nach einem der Ansprüche 16 bis 18,
bei dem die erste oder zweite Funktionsgruppe mindestens eine
Schaltvorrichtung (16) umfasst.

20. Modul nach einem der Ansprüche 16 bis 19,
das zumindest einen Sensor zum Erfassen einer physikalischen
Größe umfasst, wobei der Sensor im ersten Modulbereich ange-
ordnet ist.

21. Modul nach Anspruch 16,
bei dem der Sensor ein Temperaturfühler (81) oder ein Über-
drucksensor (82) ist.

22. Modul nach einem der Ansprüche 16 bis 21,
bei dem als weitere Bauelemente Entladewiderstände (R) oder
Entladeinduktivitäten (L') vorgesehen sind, die jeweils pa-
rallel zu einer Kapazität geschaltet sind.

23. Modul nach einem der Ansprüche 16 bis 22,
bei dem sich der thermische Ausdehnungskoeffizient einer
Stromschiene um höchstens 4% von dem des Formkörpers (1) un-
terscheidet.

24. Modul nach einem der Ansprüche 16 bis 23,
das kompakte LC-Elemente (W1, W2, W3), enthaltend mindestens
einen LC-Wickel, umfasst.

25. Modul nach Anspruch 24,
bei dem zumindest ein LC-Element (W1, W2, W3) zwei elektrisch
miteinander verbundene LC-Teilwickel (W1a, W1b) aufweist,
wobei dieses LC-Element (W1, W2, W3) einen magnetischen Ring-
kern aufweist,
wobei die LC-Teilwickel (W1a; W1b) Metallfolien (B1, B1'; B2,

B2') aufweisen, die um verschiedene Schenkel des Ringkerns gewickelt sind.

26. Modul nach Anspruch 25,
wobei der Ringkern als UU-Kern ausgebildet ist,
wobei der UU-Kern zwei U-Kerne (91, 91') umfasst, die mit den Stirnflächen (91a, 91a') ihrer Schenkel einander zugewandt sind.

27. Modul nach Anspruch 26,
wobei zwischen den beiden U-Kernen (91, 91') ein Einsatz (98) aus einem magnetischen Material angeordnet ist.

28. Modul nach einem der Ansprüche 25 bis 27,
bei dem der LC-Wickel mit einer Lastkapazität beschaltet ist.

29. Blindleistungs-Kompensationsvorrichtung,
bei der auf einem Träger ungehäuste elektrische Bauelemente angeordnet sind und bei der ein mehrere ungehäuste Bauelemente einschließendes gemeinsames Gehäuse vorgesehen ist.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29,
bei der in Reihe zu einem oder mehreren Kondensatoren ein Thyristor zum Schalten der Kondensatoren an ein Netz vorgesehen ist.

31. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 29 bis 30,
bei der mehrere gleiche Phasenschiebermodule in Reihe hintereinander geschaltet sind.

32. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 29 bis 31,
bei der elektrische Bauelemente drahtfrei miteinander verschaltet sind.

33. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 29 bis 32, die eine Blindleistung > 20 kvar verarbeiten kann, deren Gewicht < 50 kg beträgt und deren Volumen < 100 l beträgt.

Zusammenfassung

Trägerplattform für elektrische Bauelemente und Modul mit der Trägerplattform

Die Erfindung betrifft eine Trägerplattform und ein Modul mit der Trägerplattform, insbesondere ein Modul zum Anschließen an Netze, das die Funktion eines Phasenschiebers oder eines Netzfilters erfüllt. Das erfindungsgemäße Modul zeichnet sich durch einen hohen Grad der Integration verschiedener Bauelemente wie Schütz, Kondensatoren und Sicherungen in einem gemeinsamen Gehäuse, das eine Trägerplattform aus einem Faserverbundwerkstoff und mindestens eine fest mit der Trägerplattform verbundene Haube vorzugsweise aus Metall aufweist. In der Trägerplattform sind Stromschienen (1a, 2a, 3a, 11, 11a, 11b, 11c, 14) mit Außenanschlüssen und vorzugsweise auch elektrische Leitungen zwischen den Bauelementen und den Stromschienen (1a, 2a, 3a, 11, 11a, 11b, 11c, 14) integriert.

Signifikante Figur: Figur 6